

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-086631

(43)Date of publication of application : 02.04.1996

(51)Int.Cl.

G01B 11/26

G01B 11/00

G01B 11/30

G01N 21/88

G05D 3/12

(21)Application number : 07-185585

(71)Applicant : TORAY IND INC

(22)Date of filing : 21.07.1995

(72)Inventor : TAKAHASHI OSAMU  
KITAGAWA KATSUICHI  
YAMAMOTO HISASHI

(30)Priority

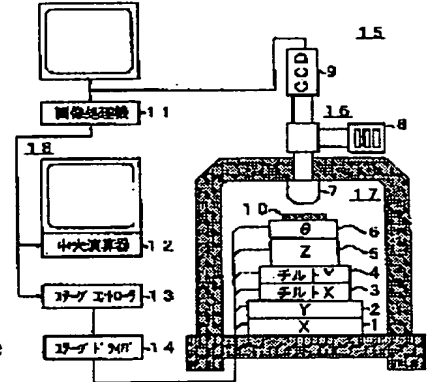
Priority number : 06171079 Priority date : 22.07.1994 Priority country : JP

(54) INSTRUMENT AND METHOD FOR MEASURING ATTITUDE OF OBJECT, ATTITUDE CONTROLLER, AND DEVICE FOR INSPECTING SURFACE OF OBJECT

(57)Abstract:

PURPOSE: To measure the tilted amount of a surface having no specific shape with high accuracy by providing an object holding means which holds an object having an optical coherent surface against an optical reference surface, optical interference fringe picture taking means, tilted amount calculating means, etc.

CONSTITUTION: A magnetic head chip is put in the pocket of a head carrying tray 10 with its floating surface on the top side and the tray 10 is fixed on a stage 17 with six degrees of freedom. The video of the magnetic head in the tray 10 is taken with a CCD camera 9 as an optical interference fringe picture through an objective lens system 7 incorporating an interference optical system and the picture signal of the camera 9 is sent to a picture processor 11. The processor 11 calculates the spatial frequencies of interference fringes in X- and Y- directions contained in the interference fringe picture and a central processing unit 12 calculates the controlled variable of each stage. Then an X-stage 1 and Z-stage 5 are moved so that the spatial position of the specific part of the magnetic head caught by the lens system 7 can be maintained by compensating, for example, the movement of a tilt X-stage 3 from the controlled variable.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-86631

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/26		G		
	11/00	G		
	11/30	1 0 2 B		
G 0 1 N 21/88		G		
G 0 5 D 3/12		H		

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-185585

(22) 出願日 平成7年(1995)7月21日

(31) 優先権主張番号 特願平6-171079

(32) 優先日 平6(1994)7月22日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003159

東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号

(72) 発明者 高橋 治

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株

式会社滋賀事業場内

(72) 発明者 北川 克一

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株

式会社滋賀事業場内

(72) 発明者 山本 比佐史

滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株

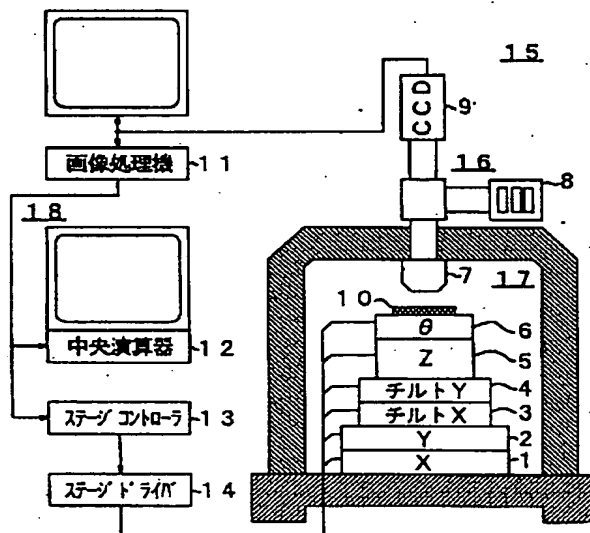
式会社滋賀事業場内

(54) 【発明の名称】 物体の姿勢測定装置、姿勢測定方法、姿勢制御装置および物体表面の検査装置

(57) 【要約】

【課題】 物体表面のチルト量を高速かつ高精度に求めることができる物体の姿勢測定装置および姿勢測定方法ならびにこれを利用した物体の姿勢制御装置および物体の表面検査装置を提供すること。

【解決手段】 本発明の物体の姿勢測定装置は、複数の異なるチルト姿勢における光学干渉縞画像を取り込み、干渉縞の空間周波数を求め、チルト量を測定することにより、チルト量の絶対値とその向きを自動的に測定する。また、本発明の物体の表面検査装置は、かかる物体の姿勢測定装置を用いて物体の姿勢を制御し、この状態で表面検査を行なう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源と、光学参照面と、該光学参照面に対して光学干渉性を示す表面を有する物体を保持する物体保持手段と、前記光源による前記表面の光学参照面に対する光学干渉縞画像の撮像手段と、撮像された該光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するチルト量算出手段とを備えてなることを特徴とする物体の姿勢測定装置。

【請求項 2】前記チルト量算出手段は物体の複数のチルト姿勢における光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するものであり、かつ、前記物体保持手段は物体の前記表面の前記光学参照面に対する相対的チルト姿勢が変更できるように物体を保持するものであることを特徴とする物体の姿勢測定装置。

【請求項 3】（イ）物体の光学干渉性を示す表面の光学参照面に対する第 1 の光学干渉縞画像を撮像し、（ロ）前記第 1 の光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて第 1 の絶対チルト量を求め、（ハ）前記表面と前記光学参照面との相対的チルト姿勢を変更し、（ニ）前記表面の前記光学参照面に対する第 2 の光学干渉縞画像を撮像し、

（ホ）前記第 2 の光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて第 2 の絶対チルト量を求め、（ヘ）求められた前記第 1 および第 2 の絶対チルト量に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量の符号を求めることを特徴とする物体の姿勢測定方法。

【請求項 4】光源と、光学参照面と、該光学参照面に対して光学干渉性を示す表面を有する物体を前記光学参照面に対する相対的チルト姿勢が変更できるように保持する物体保持手段と、前記光源による前記表面の光学参照面に対する光学干渉縞画像の撮像手段と、撮像された該光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するチルト量算出手段と、算出された前記チルト量に基づいて前記物体の姿勢を制御する姿勢制御手段とを備えてなることを特徴とする物体の姿勢制御装置。

【請求項 5】前記物体姿勢制御手段は、前記物体のチルト姿勢を変更する際に前記表面上の特定の部位の位置を保持するよう制御するものであることを特徴とする請求項 4 に記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 6】さらに、前記表面の図形特徴を検出する図形特徴検出手段と、検出された前記図形特徴に基づいて前記物体の位置を制御する物体位置制御手段とを備えてなることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 7】前記撮像手段はさらに前記表面上の図形特徴を含む画像を撮像するものであり、前記図形特徴検出手段は前記図形特徴を含む画像から図形特徴を検出するものであることを特徴とする請求項 6 に記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 8】前記撮像手段は、前記光学参照面を経る光の光学的光路長と前記表面を経る光の光学的光路長とが異なる状態において前記図形特徴を含む画像を撮像するものであることを特徴とする請求項 7 に記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 9】前記光源は、準単色光を発生するものであることを特徴とする請求項 4 ～ 8 のいずれかに記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 10】前記光源は、単色光または準単色光を発生する第 1 の光源と非単色光を発生する第 2 の光源とからなることを特徴とする請求項 4 ～ 8 のいずれかに記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 11】前記光源は、光学干渉縞画像の撮像時には単色光または準単色光を発生し、図形特徴を含む画像を撮像時には非単色光を発生するものであることを特徴とする請求項 4 ～ 8 のいずれかに記載の物体の姿勢制御装置。

【請求項 12】請求項 1 または 2 に記載の物体の姿勢測定装置と、物体表面の検査手段とを備えてなることを特徴とする物体表面の検査装置。

【請求項 13】請求項 4 ～ 11 のいずれかに記載の物体の姿勢制御装置と、物体表面の検査手段とを備えてなることを特徴とする物体表面の検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハードディスク用磁気ヘッド等のような物体の姿勢を測定する方法ならびに装置、この物体の姿勢の測定装置の測定結果に基づいて物体の姿勢を制御する装置およびかかる物体の姿勢制御装置を備えた物体表面の検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ハードディスク用磁気ヘッド等の研磨された浮上面の表面形状を光学干渉を用いて測定するには、浮上面に形成される干渉縞の模様を目視によって観察しながら手で物体の姿勢を決定し、そのうえで表面形状の測定を行っていた。すなわち、浮上面に形成される干渉縞が疎になり最終的にこの干渉縞が見えなくなるまで姿勢を変更し、この状態で目的となる測定を行っていた。

【0003】また、特開平 4 - 177108 号公報には、干渉縞を形成する表面が曲面形状である場合の姿勢測定方法が開示されている。

【0004】この方法は、図 10 に示すように、曲面形状表面上に形成される円環状の干渉縞の重心位置を得て、ギャップ中心 101a のチルト量  $t$  をこの重心位置と干渉縞の頂点位置のずれ量  $\Delta \times 2$  より求めている。

【0005】しかしながら、前者の目視による調節では、経験と勘に頼る部分が大きく、調節の安定性が欠け、ひいては形状測定が不安定になることがあった。また、形状測定の自動化を阻害する要因となっていた。

【0006】また後者の技術では、表面形状が曲面であることが必要であった。しかもこの曲面は、略球面状でかつその凸形状の高低差の2倍が光学干渉を起こす光の波長以上である必要があった。これは、干渉縞の像が円環状であることが前提でチルト量を求めるため、測定対象の曲面が略球面であることが必要であり、また干渉縞が1本以上観測できるためには、その高低差が干渉を起こす光波の波長の $1/2$ 以上であることが同時に必要であるためである。したがって、この方法では高低差の少ない面（たとえば略平面）を有する物体の姿勢をとらえることはできなかった。また、略球面状でない曲面を有する物体の姿勢も、この方法では、とらえることができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、上記従来の問題点を解消し、どのような表面形状を持つ物体でもその姿勢を高速かつ高精度に測定する方法および測定装置を提供することにある。

【0008】また、本発明の別の目的は、どのような表面形状を持つ物体でもその姿勢を高速かつ高精度に測定し、その物体を自動的に所定の姿勢に制御する物体の姿勢制御装置を提供することにある。

【0009】また、本発明の別の目的は、上記のような物体の姿勢制御装置により物体の姿勢を制御し、この物体の表面を検査する装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の骨子は以下のとおりである。

【0011】本発明の物体の姿勢測定装置は、光源と、光学参照面と、該光学参照面に対して光学干渉性を示す表面を有する物体を保持する物体保持手段と、前記光源による前記表面の光学参照面に対する光学干渉縞画像の撮像手段と、撮像された該光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するチルト量算出手段とを備えてなることを特徴としている。

【0012】また、本発明の物体の姿勢測定装置の好ましい態様は、前記チルト量算出手段は物体の複数のチルト姿勢における光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するものであり、かつ、前記物体保持手段は物体の前記表面の前記光学参照面に対する相対的チルト姿勢が変更できるように物体を保持するものであることを特徴としている。

【0013】また、本発明の物体の姿勢測定方法は、（イ）物体の光学干渉性を示す表面の光学参照面に対する第1の光学干渉縞画像を撮像し、（ロ）前記第1の光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて第1の絶対チルト量を求め、（ハ）前記表面と前記光学参照面との相対的チルト姿勢を変更し、（ニ）前記表面の前記光学参照面に

対する第2の光学干渉縞画像を撮像し、（ホ）前記第2の光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて第2の絶対チルト量を求め、（ヘ）求められた前記第1および第2の絶対チルト量に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量の符号を求めることを特徴としている。

【0014】また、本発明の物体の姿勢制御装置は、光源と、光学参照面と、該光学参照面に対して光学干渉性を示す表面を有する物体を前記光学参照面に対する相対的チルト姿勢が変更できるように保持する物体保持手段と、前記光源による前記表面の光学参照面に対する光学干渉縞画像の撮像手段と、撮像された該光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて前記表面の前記光学参照面に対するチルト量を算出するチルト量算出手段と、算出された前記チルト量に基づいて前記物体の姿勢を制御する姿勢制御手段とを備えてなることを特徴としている。

【0015】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様は、前記物体姿勢制御手段は、前記物体のチルト姿勢を変更する際に前記表面上の特定の部位の位置を保持するよう制御するものであることを特徴としている。

【0016】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様は、さらに、前記表面の図形特徴を検出する図形特徴検出手段と、検出された前記図形特徴に基づいて前記物体の位置を制御する物体位置制御手段とを備えてなることを特徴としている。また、本発明の物体の姿勢制御装置のさらに好ましい態様は、前記撮像手段はさらに前記表面上の図形特徴を含む画像を撮像するものであり、前記図形特徴検出手段は前記図形特徴を含む画像から図形特徴を検出するものであることを特徴としている。

【0017】また、本発明の物体の姿勢制御装置のさらに好ましい態様は、前記撮像手段は、前記光学参照面を経る光の光学的光路長と前記表面を経る光の光学的光路長とが異なる状態において前記図形特徴を含む画像を撮像するものであることを特徴としている。

【0018】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様は、前記光源は、準単色光を発生するものであることを特徴としている。

【0019】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様は、前記光源は、単色光または準単色光を発生する第1の光源と非単色光を発生する第2の光源とからなることを特徴としている。

【0020】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様は、前記光源は、光学干渉縞画像の撮像時には単色光または準単色光を発生し、図形特徴を含む画像を撮像時には非単色光を発生するものであることを特徴としている。

【0021】また、本発明の物体表面の検査装置は、上記のような物体の姿勢測定装置と、物体表面の検査手段とを備えてなることを特徴としている。

【0022】また、本発明の物体表面の検査装置の別の態様は、上記のような物体の姿勢制御装置と、物体表面の検査手段とを備えてなることを特徴としている。

【0023】本発明の物体の姿勢測定装置および姿勢測定方法では、物体表面の一部または全体の比較的平坦な面の光学参照面に対する光学干渉縞画像を撮像し、この光学干渉縞画像の輝度変化に基づいて干渉縞の空間周波数を算出することなどによって物体表面のチルト量を測定する。また、好ましくは、このような測定を物体表面と光学参照面の相対的チルト姿勢を変更した状態でも実施し、この差異に基づいてチルトの方向を知る。

【0024】このような光学干渉縞画像は、たとえば、物体の表面に可干渉性の光（単色光または準単色光）を照射し、同様の光源の光を光学参照面にも照射し、それぞれの反射光または透過光を重ねあわせることによって得られる。こうして得られる画像は、光の干渉による明暗（干渉縞）を含んだ画像となる。

【0025】このとき、たとえば、可干渉性の光の中心波長が $\lambda$ であり、得られた干渉縞のピッチ（明暗の周期）が、画像の一部の領域で $L$ であったとする。ただし、物体表面、参照面とも完全な平面でない場合もある。したがって、たとえば複数の部位で測定した干渉縞のピッチを平均するなどして代表値を測定値としてもよい。このような場合の干渉縞の空間周波数 $f$ を $f=1/L$ と定義する。

【0026】この部位の光学参照面に対する傾き（これを「チルト量」と呼ぶ。） $\theta$ と $L$ および $f$ との関係は、光学干渉縞画像を得るときに物体の反射光を使用した場合は物体表面近傍で光が往復の光路を持つことから、 $\tan \theta = \lambda/2L$ および $\theta = \arctan(f\lambda/2)$ と表現される。また、物体の透過光を使用した場合は $\tan \theta = \lambda/L$ および $\theta = \arctan(f\lambda)$ となる。

【0027】上記のような測定によって物体表面のチルト量の絶対値（絶対チルト量）を得ることができる。さらにチルト量の符号（傾きの向き）を知るために、物体表面の光学参照面に対する相対的なチルト姿勢を微量だけ変更し、再び上記と同様の測定を行なってもよい。たとえば、物体表面をある向きに微量だけ傾けて得られた光学干渉縞画像の干渉縞の空間周波数が、最初の測定の際より増加したならば、物体表面は上記向きに傾いていたのであり、減少したならば物体表面は上記向きの反対の向きに傾いていたのであることが判定できる。

【0028】このときの実際の物体表面の傾きは物体表面内の軸に関する回転であり、かかる軸は一般に独立に2個存在しうる。したがって、チルト量はたとえば $X$ 方向と $Y$ 方向とにそれぞれ測定することができる。なお、このように物体の光学参照面に対するチルト量に注目してとらえた物体の姿勢を物体のチルト姿勢と呼ぶ。したがって、物体のチルト姿勢を変更するとは、物体の光学

参照面に対するチルト量の変化するように物体の姿勢を変更することをいう。

【0029】なお、この光学干渉縞画像の全域にわたって干渉縞が観測される必要はない。たとえば、物体が球面状などの球面であっても、その一部を観察すればそこは略平面となっているため、その一部分に形成される干渉縞に注目すれば良い。また、比較的平坦な面が通常の観察で得られない場合でも、撮像倍率を低倍もしくは高倍に変化させ、画像の一部にでも干渉縞が形成されかつ観測可能であれば十分である。このとき、この干渉縞が観測できることを、光学参照面に対して光学干渉性を示すと呼ぶ。

【0030】ここで光学参照面とは、物体からの反射光または透過光と干渉を引き起こす光を、反射または透過によって生成する鏡面または空間中の仮想的な面などを指す。なお、光源から物体の表面に達する光の光軸と光学参照面に達する光の光軸とが平行でない場合がある

（後述の図3のような光学系の場合など）。この場合は光学参照面が仮想的に物体の表面近傍の等価な位置にあると考えるものとする。したがって、物体表面のチルト量もこの等価な位置にある光学参照面に対して測定するものとする。

【0031】また、このような光干渉を発生させるためには、光源は単色光または準単色光のような可干渉性の光を発生するものである必要がある。ここで単色光とは光の波長範囲幅が中心波長の $1/500$ 未満の光を指す。このような光は光学参照面を経る光の光学的光路長と物体表面に経る光の光学的光路長との差がかなり大きい場合でも光干渉を発生させることができる。このような光を発生させる光源としては、レーザ、LED、白色光源と干渉フィルタの組み合わせなどがあげられる。また、かかる可干渉性の光として、複数の独立した中心波長を有する光を用いてもよく、中心波長を異にする複数の光源を用いてもよい。

【0032】また、準単色光とは光の波長範囲幅が中心波長の $1/500$ 以上 $1/10$ 未満の光を指す。このような光は光学参照面を経る光の光学的光路長と物体表面に経る光の光学的光路長との差が比較的小さい範囲において光干渉を発生させることができる。したがって、物体面のチルト量が大きい場合は、光学干渉縞画像を撮像した場合に物体面全体にわたる干渉縞が得られない場合があるが、干渉縞が広範囲に存在しなくてもチルト量の測定が可能であるため、かかる準単色光でも目的を達成することができる。とくに十分な光量を安価に得るためには準単色光を用いるのが好ましい。このような光源として白色光源と干渉フィルタの組み合わせなどが好ましく用いられる。また、余裕ある光量と光学干渉縞画像の物体面全体に干渉縞を得ようとする場合には、光の波長範囲幅が中心波長の $1/200$ 以上 $1/30$ 未満である光が好ましい。また、準単色光を用いる場合は光学参照

面を経る光の光学的光路長と物体表面を経る光の光学的光路長との差異が小さいとコントラストの高い干渉縞を得られるため好ましい。

【0033】本発明の物体の姿勢制御装置は、上述の物体の姿勢測定装置で測定した物体表面の光学参照面に対するチルト量に基づいて、物体の姿勢を制御する。たとえば、物体表面のチルト量が所要の値と異なる場合はこの値とほぼ一致するまで物体の保持手段を制御するといった制御や、連続的にチルト量を測定し、その値が特定の時間の関数となるように物体の保持手段を制御する

(たとえば、特定の軸に関して回転させるなど)といった制御を行なう。これにより、オペレータの望む姿勢を物体にとらせることができる。物体表面の検査においては、このチルト量が0の近傍となる(物体表面が光学参照面とほぼ平行になる)ように制御し、この状態で所要の検査を行なうことが好ましく行なわれる。

【0034】また、上記のような物体の姿勢の制御を行なうときには、注目している物体表面の部位(以下「特定部位」という。)がチルト量の変更に伴って移動せずに、光軸方向および画像面方向(光軸に垂直な面内のXおよびYなどの2つの独立な方向)の3方向について同一の位置を保持するものであることが好ましい。これは連続的に物体の姿勢を制御する場合には特定部位を常に画面内部に捕捉していることが好ましいためである。

【0035】たとえば、物体の保持手段が図2に示したようなチルト軸(チルトX軸およびチルトY軸)回転、光軸( $\theta$ 軸)回転、画像面(XおよびY)方向移動あるいは光軸(Z軸、この例では $\theta$ 軸と同一となる。)方向移動といったステージを組み合わせたものである場合には、チルトX軸またはチルトY軸(図でX方向またはY方向に物体面を傾けるときの回転中心軸)の回転を行なうだけでは、物体表面の特定部位がX方向またはY方向およびZ方向に同時に移動してしまう。これは物体表面の特定部位がチルト軸上にないために当該部位がチルト軸を中心として円弧を描いて移動するためである。そこでこのような場合は、チルト軸の回転を行なうと同時にこの回転運動により特定部位が移動する距離をX、YおよびZ軸について平行移動して補償するのが好ましい。たとえば、チルトX軸に関する元の位置が $\phi_0$ のときに、この軸に関して微小角度 $\delta\phi$ 傾けたときは、物体表面の特定部位とチルトX軸とのZ方向の位置の差を $r$ とすると、Z軸方向に物体を

$$r \cos \phi_0 / \cos (\phi_0 + \delta \phi) - r$$

だけ平行移動し、X軸方向に

$$r \{ \sin (\phi_0 + \delta \phi) - \sin \phi_0 \}$$

だけ平行移動すれば空間中の位置を保持することができる。これはチルトY軸方向についても同様である。こうした制御量の計算式はステージの構成などによりことなり、上記の計算式に特に限定されない。

【0036】また、物体の画像面内の位置を含めて制御

することが好ましい。この場合、既知の表面の概略形状に基づいて図形特徴を定義し、物体表面の画像から図形特徴を算出し、この図形特徴が所定のものとなるように画像面内の方向の位置を制御するのが好ましい。ここで図形特徴を検出する手段としては、撮像工程により取得した物体表面の画像を2値化した2値画像のなかで、対象物の一部または全体の領域の重心や近似楕円の長軸方向の傾きなどの検出、濃淡画像中で図形そのものの特徴を表す領域をテンプレートとして行うテンプレートマッチングや、濃淡画像の輝度情報をXおよびYそれぞれの方向に射影した輝度プロファイル情報を用いることなどが好ましく用いられる。物体表面が画像内の所定位置にある場合は、かかる図形特徴の検出結果が所定のとおりとなることを利用し、この位置に物体表面が保持されるように画像面内の位置を制御するのが好ましい。また、所定位置は時間的に静止していてもよく移動してもよい。

【0037】なお、上記のような図形特徴を捉えるための物体表面の画像は、チルト量の検出のために用いた光学干渉縞画像を得るのと同じ撮像手段を用いて撮像してもよく、別途専用の撮像手段を用いてもよい。図形特徴を捉えるときは光学干渉縞画像の干渉縞がノイズとなることもあるので、このような干渉縞が発生しないようにして撮像することが好ましい。たとえば、図形特徴を捉えるときは非単色光を発生する非干渉性の光源を用いたり、光学干渉縞画像を得るのと同じ光学系において光学参照面を経る光の光路を遮ることによって干渉縞の発生を抑制することができる。また、光学干渉縞画像を得るのと同じ光学系において、光学参照面を経る光の光学的光路長と前記表面を経る光の光学的光路長とが異なる状態において光の干渉が発生しないようにしてもよい。この場合において、光源としては準単色光を用いるのが好ましい。これは、上記の光学的光路長の差が小さくても干渉縞の発生を防ぐことができるためである。また、光学干渉縞画像を光学参照面と物体表面の相対的な高さを変更しながら得て、これを相対的な高さで平均化することにより干渉縞の影響を相殺することによっても、実質的に干渉縞の影響のない画像を得ることができる。

【0038】また、光学干渉縞画像を得るときの光源と図形特徴を捉えるときの光源を、両者に求められる上記特性を考慮して別個に用意し、これを切り替えるようにしてもよい。これによりそれぞれの照明に対する制限を緩和すると同時に、それぞれの画像をより適切に得ることができる。また、同一の光源を用い、異なる特性のフィルタを交換することにより、単色光または準単色光および非単色光を切り替えて発生することも好ましく行われる。

【0039】また、本発明の物体表面の検査装置は、上記のような物体の姿勢制御装置を用いて物体の姿勢を制御し、この状態で物体の表面の検査を行なう。

【0040】この場合、物体の検査対象の表面がたとえば上記光学干渉縞画像を得るときに物体に照射される光の光軸に対して垂直となるように物体の姿勢を制御したり、光学参照面に対する物体の表面のチルト量を特定の値（たとえば0）となるように制御したり、特定軸に対して物体の検査対象の表面が回転するように制御するなど、さまざまな姿勢制御の態様が好ましく用いられる。このように物体の姿勢を制御した上で、検査対象の表面の検査を行なうと検査の精度が向上する場合が多い。また、従来この姿勢制御の部分を手動により行なっていたのに対して、検査に要する時間が短縮され、姿勢の再現性が高いため検査結果の再現性も高くすることができる。

【0041】本発明において、物体保持手段としてはチルト姿勢の変更が可能なステージを組み合わせたものや、日経BP社「日経メカニカル」1995年3月20日号「特集パラレルメカニズムが機械を変える」に記載されているパラレルメカニズムや、ロボットアーム類などが好ましく用いられる。必要に応じて光学参照面のチルトが変更できるものでもよい。

【0042】本発明において、撮像手段としてはCCDカメラやITVなど画像を取り込む手段ならば何でもよい。特に、空間周波数または干渉縞のピッチを測定するにあたり、データの数値化が容易なCCDカメラなどが好ましい。

【0043】本発明において、光学干渉縞画像の輝度変化に基づいてチルト量を求めるのは、たとえば、干渉縞の空間周波数を求めることにより行う。干渉縞の空間周波数は1周期以上の干渉縞が得られる状態でその周期を計測するものが好ましい。ただし、干渉縞のピッチは干渉縞が1周期以上得られなくても計測することができる。たとえば、最小二乗法などのフィッティング手段によって決定すればよい。また、空間周波数と干渉縞のピッチは1対1に対応する量であるから、算出の過程で空間周波数を求めずに干渉縞のピッチによりチルト量を求めることも可能である。

【0044】また、光学干渉縞画像の濃淡データからチルト量を未知数として最小二乗法などのフィッティング手段によって直接チルト量を算出することもできる。

【0045】また、本発明において、物体表面の検査手段としては、物体表面の平坦度や欠陥等を検査する手段が好ましく用いられる。特に、これらの検査を光学的に行なうものがよく、光干渉を用いたものがさらによい。また、パターンマッチングなどの画像処理により欠陥を検出するものでもよい。

【0046】

【発明の実施の形態】以下添付図面を参照して、本発明をハードディスク用磁気ヘッドの平坦度を測定する装置に適用した一実施例を説明する。

【0047】図4は、検査対象のハードディスク用磁気

ヘッドチップ31の外観図である。この磁気ヘッドチップ31のうち、ハードディスク面と相対してその空気流によって浮上する面を浮上面42または、ABS (Air-Bearing-Surface) という。この面の平坦度を測定するために、この面を干渉顕微鏡の光学参照面にほぼ平行になるように制御するのが好ましいため、本実施例ではこうした制御を行なう。

【0048】図1は、本実施例の構成を示す図である。個々のチップ状に切断された磁気ヘッドチップ31はヘッド搬送用トレイ10のポケットに、浮上面を上にして配置され、トレイは6自由度をもつステージ17上に固定される。

【0049】このステージ17は、図2に示した6自由度の物体の移動を行なうものであり、水平面内のX軸に沿った方向の物体の平行移動を行なうXステージ1、水平面内であつX軸に垂直な方向の物体の平行移動を行なうYステージ2、鉛直方向（Z軸方向）の物体の平行移動を行なうZステージ5、Z軸方向に関する物体の回転移動を行なう $\theta$ ステージ6、Y軸方向の回転軸に関する物体の回転移動であつて、X軸方向のチルト姿勢を変更する運動を行なうチルトXステージ3およびX軸方向の回転軸に関する物体の回転移動であつて、Y軸方向のチルト姿勢を変更する運動を行なうチルトYステージ4の6個のステージを重ねたものである。本実施例では、Z軸方向が対物レンズ系7などからなる光学系の光軸と概略一致するよう構成されている。なお、測定対象の固定方法如何によつては、この6軸はこの水平・垂直にのつとっている必要はない。また、対象物が回転方向の制約された状態で固定され得るならば、この $\theta$ ステージ6は必要ない。また、これら6個のステージは、ステージコントローラ13の駆動信号をステージドライバ14で増幅した電流により駆動されるパルスモータにより制御される。

【0050】干渉光学系を内蔵した対物レンズ系7を通してトレイ10中の磁気ヘッド31の映像は光学干渉縞画像としてCCDカメラ9により捉えられ、その画像信号は、画像処理機11へと送られる。この画像処理機11で光学干渉縞画像に含まれるX方向およびY方向の干渉縞の空間周波数が計算され、ここから各ステージの制御量が中央演算器12で算出される。この制御量が先のステージコントローラ13への駆動信号として変換・出力される。なお、この制御量により、たとえば、チルトXステージ3の運動を補償して対物レンズ系7によって捉えられている磁気ヘッドの特定部位の空間中の位置を保持するように、Xステージ1およびZステージ5を運動させる。チルトY軸についても同様である。

【0051】また、X方向およびY方向と磁気ヘッドの水平方向の向きが所定の関係を持つように $\theta$ ステージ6を回転運動させるとき、磁気ヘッドチップ31の特定部位が $\theta$ ステージ6の軸上にない場合は、同時にX方向お

よびY方向に物体が移動する。この移動も磁気ヘッドチップ31の表面検査においては好ましくないため、チルト姿勢の変更の場合と同様に磁気ヘッドチップ31の特定部位が水平面内を移動しないようにXステージ1およびYステージ2を運動させるようになっている。

【0052】図3は、本実施例における光学干渉を伴った観察を行う顕微鏡の構成を示す図である。光源39より発せられた光は照明光学系のなかにある単色フィルタ38により赤色の準単色光（波長範囲は中心波長の $1/200 \sim 1/30$ の範囲で幾つかの値をとりうる）となり、ハーフミラー36により観測光学系へと導かれる。

【0053】この照明光は対物レンズ35により磁気ヘッドチップ31の測定対象面（ここでは浮上面42）に結像した後、反射光として再度対物レンズ35を通り、一部がハーフミラー36を経てCCDカメラ9の撮像素子に像を結ぶ。このときビームスプリッタ33により経路を異にする光が光学参照面32に結像・反射し同様にCCDカメラ9の撮像素子に像を結ぶとき、この2つの像は干渉し、浮上面42と光学参照面32との光路長の差、すなわち高さの差に依存して干渉縞を形成することになる。たとえば参照面が非常に精度のよい平面であったなら、CCDカメラ9より得られる干渉縞は、磁気ヘッドチップ31の浮上面42の光学参照面32に対する等高線に相当することになる。

【0054】このとき磁気ヘッドチップ31の浮上面42の傾きでなく、たとえば、その面内の凹凸を測定することが目的であるなら、磁気ヘッドチップ31の浮上面42が光学参照面32に対して平行である（チルト量が0となる）ように制御する方が、その測定精度の高いものが得やすいことになる。そこで本実施例では、上記の手段により測定した浮上面42のチルト量を0の近傍に制御する。

【0055】以下に、干渉縞とチルト姿勢の関係および、その制御手順について説明する。図5は、ハードディスク用磁気ヘッド31のチルト量と、その測定面に観測される干渉縞の関係概念図である。チルト量が大きく浮上面が参照面より大きく傾いているときは、その干渉縞は密になり、チルト量が小さくなるにしたがい縞の間隔は疎になっていく。浮上面42がほぼ光学参照面32と平行になった段階でその干渉縞は観測されなくなる。これは浮上面42の工作精度が高く、浮上面42面内の高低差が干渉光の波長より十分小さいために縞の位相変化がわずかになることによる。この縞が見えなくなった状態をヌルフリンジと呼ぶ。

【0056】図6および図7は、装置15における制御手順を示すフローチャートである。まず、ステップS1（以下単に「S1」という。他のステップについても同様とする。）においてトレイ10に載せた磁気ヘッドチップ31を、対物レンズ直下の撮像位置に移動する。このときトレイ10中の磁気ヘッドチップ31の位置が十

分な精度で事前にわからない、以降の図形特徴を利用したチップ位置合わせを行なう。

【0057】磁気ヘッドチップ31の図形特徴を得るために、まず干渉縞の消失した画像を得る。これは、本実施例においては干渉縞がない方が図形特徴を得やすいためである。本実施例ではこの画像は、光学参照面32と磁気ヘッドチップ31の浮上面42の相対的な高さをずらし、光学的光路長の違いによる干渉縞の消失を利用する。

【0058】このために、S3で光学干渉の起こる位置からずらしたZ軸方向の第1の位置（以下「Z軸1位置」という。）にZステージ5を移動する。S4で磁気ヘッドチップ31の画像を取り込み、S5において、S4で得た画像から磁気ヘッドチップ31の画像面内方向位置（XY $\theta$ 位置）を画像処理により算出する。このとき、図形特徴として、磁気ヘッドチップ31の画像のテンプレートと得られた画像とを比較し、その相関関数の値を用いる。すなわち、得られた画像内の各部位と、磁気ヘッドチップ31のテンプレートとの相関関数を調べ、画像内で最も高い相関関数を与える部位に磁気ヘッドチップ31が存在するとみなすというものである。

【0059】次のS6で、上述のようにして測定した磁気ヘッドチップ31の位置を所定の測定位置に移動させるべく、XY $\theta$ の各ステージをそれぞれ駆動する。このとき磁気ヘッドチップ31の測定対象部位は $\theta$ 軸上にあるとは限らないため、 $\theta$ 軸移動に伴うXY軸の相殺動作も織り込んで駆動する。駆動後所定の位置に対象物が移動しているか確認のためS7において映像を取り直し、もし駆動誤差や外乱等により所定位置に収束していない場合は、再度XY $\theta$ 軸移動量計算および駆動制御を行う。このループを収束するまで所定回数繰り返す。

【0060】対象チップの画像面内の位置が収束した後、S8においてZステージ5を駆動してZ軸2位置に移動させる。この位置は干渉縞が観測される（すなわち光学干渉縞画像が得られる）位置である。さらに、干渉縞のコントラストが最も高くなるまでZ軸位置の最適化を行う。これは、通常光学系の焦点合わせ動作に相当する。調整時間の短縮のため走査するZ軸範囲は、磁気ヘッドチップ31のZ方向位置のばらつき範囲いっぱい設定する。また、これをはみ出した位置でもZ軸合わせが可能ないように、Z軸合わせが成功終了しなかった場合には、その走査範囲を拡大して再度Z軸合わせ動作を行う小ループを備える。これが、S9からS11の部分である。

【0061】これでも良好な光学干渉縞画像が得られない場合は、そのチルト位置がすでにヌルフリンジの位置にあって干渉縞が観測できない位置であることが考えられる。そこで、S11の判定において所定の回数及びZ軸範囲のなかでこの干渉縞合わせの動作が終了しなかった場合には、次のS12を含む大ループで、あるチルト



量を振りながらZ軸合わせ動作を再度行う。この2重のループにより、干渉縞を捕らえながらそのZ軸位置が最適化される。

【0062】 つづいてS13で、この干渉縞が合焦した状態でその光学干渉縞画像の取り込みを行う。S14においてこの画像情報からその干渉縞のXY方向それぞれの空間周波数を算出する。画像中斜め方向に干渉縞が観測される場合にはXYそれぞれの方向において、その方向の干渉縞のピッチLを捕らえることによって独立にその空間周波数が計測できる。また、干渉縞がXまたはY方向に平行に近く、これに垂直な方向には1周期以上の縞が観測されない場合には、観測された方向の縞の周期及び縞の傾きから、直接算出できない方向の干渉縞のピッチLを間接的に算出する。なお、このピッチ計測の手順の前で、干渉縞のコントラストをもとにZ軸合わせを行っているために、この段階で縞が全く観測されない状態はない。

【0063】 また、ハードディスク用磁気ヘッド31の浮上面42は、図4のように通常レール形状であり細長い領域となっている。すなわち、浮上面42がレールのように画面中X方向方向に観察されるとき、観測される長さが短い画面中Y方向の干渉縞のピッチLは捕らえにくい場合がある。ここでは、Y方向に周期的な変化のある干渉縞はチルトY軸の傾きに対応し、そのピッチがレールの領域を越えて長い場合には、X方向に周期的な変化のあるチルトX軸の傾きを計測した後、縞の傾きを捕らえることで、間接的にY方向の干渉縞のピッチ $L_y$ 、ひいてはチルトY軸の傾きを得るうことができる。ここで、X方向の干渉縞のピッチを $L_x$ 、縞の画面内Y方向に対する傾きを $\phi$ とすると、Y方向の干渉縞のピッチ $L_y$ は、 $L_y = L_x \tan \phi$ と表される。

【0064】 このS14の段階でX方向およびY方向のそれぞれの空間周波数が算出された後、S15でその空間周波数にある程度依存した規定のチルト量を変化させる。その後S16での画像取り込み、S17での干渉縞計測をS13・14と同様に行う。このS15における規定のチルト量とは、S14とS17で異なったチルト姿勢での干渉縞計測が可能となるよう移動する量であり、この移動でヌルフリンジをまたいで移動することのないように大きすぎず、また少なすぎずその移動による干渉縞の変化が捕らえられないことのないように後述の通り計算したものをを用いる。

【0065】 ここで、S14とS17で算出したX方向およびY方向の干渉縞のピッチ $L_x$ 、 $L_y$ からチップのチルト姿勢を求める手順を図8および図9を参照しながら説明する。図8は、横軸がチルトX軸に縦軸がチルトY軸に対応しており、それぞれのチルト姿勢に応じた干渉縞の見えのパターンが図中に描画してある。例えば、チルトX軸、チルトY軸とも正方向に傾いている場合には、C1のパターン領域に入り、干渉縞は左上がりに傾

いた縞パターンとなり、チルトY軸のみ傾いている場合にはByの領域で正負どちらでも水平に近い縞パターンとなることを示している。また、チルトX軸及びチルトY軸ともほとんど傾いていない場合はAのパターン領域となり、干渉縞は観測されない。またチルトX軸、チルトY軸とも大きく傾きその干渉縞の周期がCCD撮像素子の空間分解能よりも小さくなってしまいう領域、すなわちDの領域でも干渉縞は観測されない。

【0066】 さて、ある傾きを持った面を観測してBまたはCの何れかの領域であったとすると、その観測により得られる干渉縞からは、チルト量の絶対値が求められるだけで、いずれの方向の傾いているかは一意に断定できない。すなわちByの領域であってもチルトY軸の傾きは正でも負でもあり得るし、左上がりに傾いた干渉縞であっても、C1もしくはC3の領域のいずれかであり、チルト量の絶対値がたとえばT(rad)であることまでしか断定できない。これに対し、既知のチルト量だけチルト姿勢を変更して再度観測し直すことにより、その干渉縞ピッチLの変化が既知のチルト量に対して増加するのか、減少するのかで、図8においていずれの領域に属するかを一意に決めることができる。たとえば、S14の計測でC1またはC3のパターンであったとき、既知のチルト量が、チルトX・チルトYとも減らす方向、すなわち図8中で左下に移動する様な値で駆動した後、S17での計測で、ピッチが長くなる変化を示したらC1の領域、短くなる変化を示したらC3の領域ということになる。

【0067】 これらの手順をフローで表したものが図9である。S81が図6のS13の画像取り込みに対応する。その情報を用いる干渉縞計測がS82であり、そのときの結果により図8中のA～Dの領域に対応して分岐を行う。計測結果がAまたはDの干渉縞が得られない状態は、Z軸方向の合焦直後(S11の状態)ではあり得ないが、チップに対する外乱等で制御から一時逸脱したような場合に起きうる。このようなときには規定チルト量を振りながら再度干渉縞が得られるチルト傾きを探すことになる。

【0068】 この規定チルト量は、たとえば、ある方向のチルト量の絶対値がTであったとすると、Tの1～50%程度の大きさとする。本実施例の場合、さらに好ましい範囲である5～20%程度を用いた。

【0069】 その後、S86およびS87において光学干渉縞画像の取り込み、干渉縞計測を行なう。その計測結果と、S82の結果、軸移動の方向の情報とを合わせて、現傾き位置を認識し、図8のAの領域のわずかに外側、すなわちヌルフリンジ直前の位置までのチルト移動量を算出・駆動する。このステップ88で、最終的にヌルフリンジに制御する量を算出する。これは、画面の画素の空間分解能を最大限生かして獲得しうる最高の精度でヌルフリンジ状態を実現するためである。すなわち、

Aの領域のわずか外側では干渉縞のピッチLが観測される範囲内（たとえば、画面の大きさとほぼ同一）最大となる。Lの大きさは画素数に対応するため、この状態のとき最大の精度でチルト量を決定できるのである。Aの領域内では1周期以上の干渉縞が観測されないため、ピッチの測定の精度が低下し、傾きが大きい状態では1周期に対応する画素数が小さくなるためやはり精度が低くなる。

【0070】ここで図7のS20において、以上のように最終的に精度良く得られたチルト量を、一気に駆動することにより、高精度なヌルフリンジの状態に制御する。

【0071】この後、S22で本来の目的である浮上面の凹凸形状を干渉像の輝度情報をもとに算出・計測する。

【0072】

【実施例】上記のような磁気ヘッドチップの表面の検査装置を用いて、浮上面の平坦度測定に基づく磁気ヘッドチップの検査を行なった。人手によって浮上面の傾きを調整しながら検査を行なう場合に比べて、処理時間が1/5程度に減少した。しかも検査時の傾きの再現性が高いため検査結果のばらつきが大幅に減少した。

【0073】

【発明の効果】本発明の物体の姿勢測定装置および物体の姿勢測定方法によれば、光学干渉縞画像から干渉縞の空間周波数を求め、これから物体表面のチルト量を求めるため、略球面などの特定の形状でない面のチルト量の測定を高精度で行なうことができる。

【0074】本発明の物体の姿勢測定装置の好ましい態様によれば、複数のチルト姿勢において光学干渉縞画面の干渉縞の空間周波数を求めるため、さらに傾きの方向を同時に測定することができる。

【0075】また、本発明の物体の姿勢制御装置によれば、複数のチルト姿勢において光学干渉縞画面の干渉縞の空間周波数を求め、これによって得られるチルト量に基づいて物体表面の姿勢を制御するため、高速かつ高精度で物体の姿勢を制御することができる。

【0076】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様によれば、物体のチルト姿勢を変更するにあたり、物体表面の特定部位が画面内で移動しないように制御するため、物体表面の注目部位を見失うことがなく、物体の姿勢の自動的な制御が可能となる。

【0077】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様によれば、物体表面の図形特徴に基づいて物体の位置を制御するため、物体表面の注目部位を見失うことがなく、物体の姿勢の自動的な制御が可能となる。

【0078】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様によれば、異なる光学的光路長で光学参照面と物体表面を照射するため同一の光源で干渉縞の影響のない位置制御をチルト量の制御とともに行なうことができ

る。

【0079】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様によれば、光源が準単色光を発生するものであるため、上記の光学的光路長の差異が小さくても干渉の影響を除去することができる。

【0080】また、本発明の物体の姿勢制御装置の好ましい態様によれば、2種類の光源を用いて画像を撮像するため、それぞれ最適な条件で光学干渉縞画像と図形特徴を得る画像を得ることができる。

【0081】また、本発明の物体表面の検査装置は、上記のような物体の姿勢測定装置あるいは姿勢制御装置を備えているために、再現性よく、高精度に、高速に物体表面の検査を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の物体の姿勢制御装置を備えた物体の表面検査装置の一実施態様の制御機構の模式図である。

【図2】図1の駆動要部の動作の模式図である。

【図3】図1の光学系要部の模式図である。

【図4】本発明の物体表面の検査装置の実施例の測定対象である磁気ヘッドチップの模式図である。

【図5】チルト量と干渉縞の変化を説明する図である。

【図6】本発明の実施例における、姿勢制御手順の前半の図である。

【図7】本実施例における、姿勢制御手順の後半の図である。

【図8】干渉縞の見えのパターンをチルト量と関連づけて説明する図である。

【図9】本実施例における、干渉縞の画像処理の流れを説明する図である。

【図10】従来の物体の姿勢測定方法の原理を示す図である。

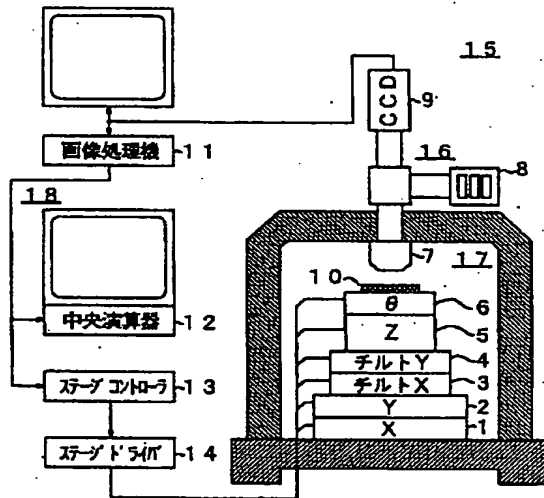
【符号の説明】

- 1：Xステージ
- 2：Yステージ
- 3：チルトXステージ
- 4：チルトYステージ
- 5：Zステージ
- 6：θステージ
- 7：対物レンズ系
- 9：CCDカメラ
- 10：トレイ
- 11：画像処理機
- 12：中央演算器
- 13：ステージコントローラ
- 14：ステージドライバ
- 31：磁気ヘッドチップ
- 32：光学参照面
- 33：ビームスプリッタ
- 35：対物レンズ
- 36：ハーフミラー

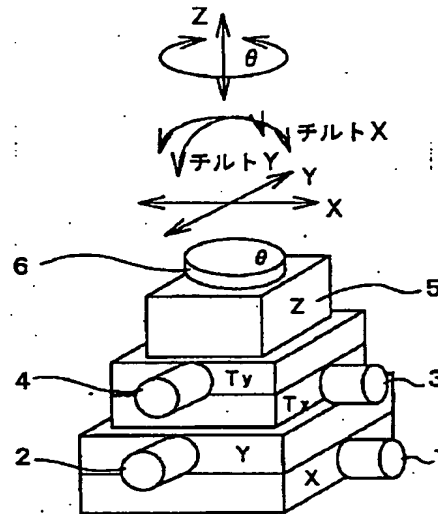
38 : 単色フィルタ  
 39 : 光源  
 41 : ランプ部

42 : 浮上面  
 43 : 磁極部  
 44 : コイル

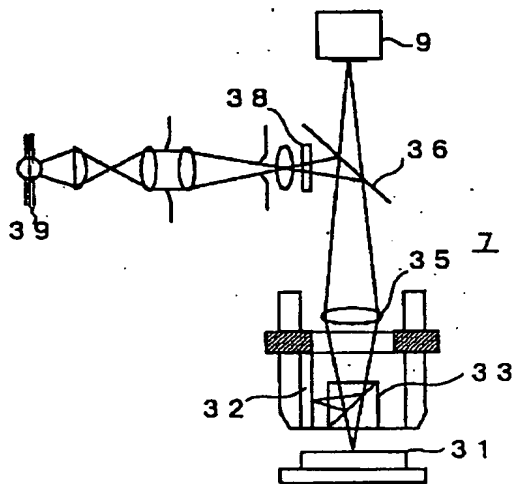
【図1】



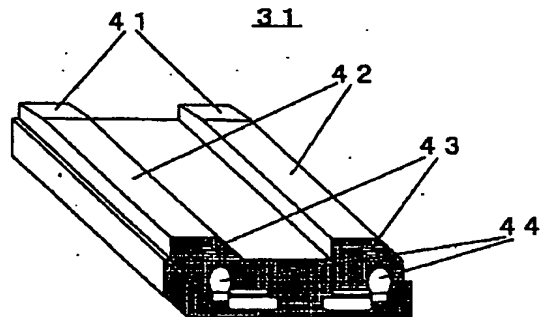
【図2】



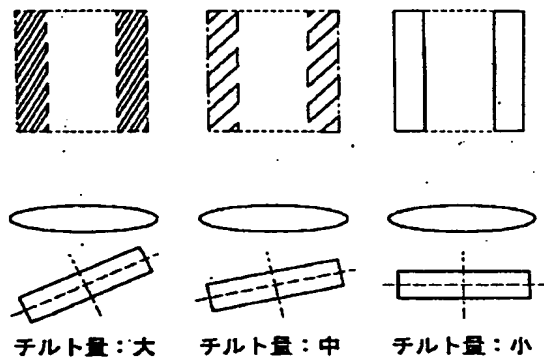
【図3】



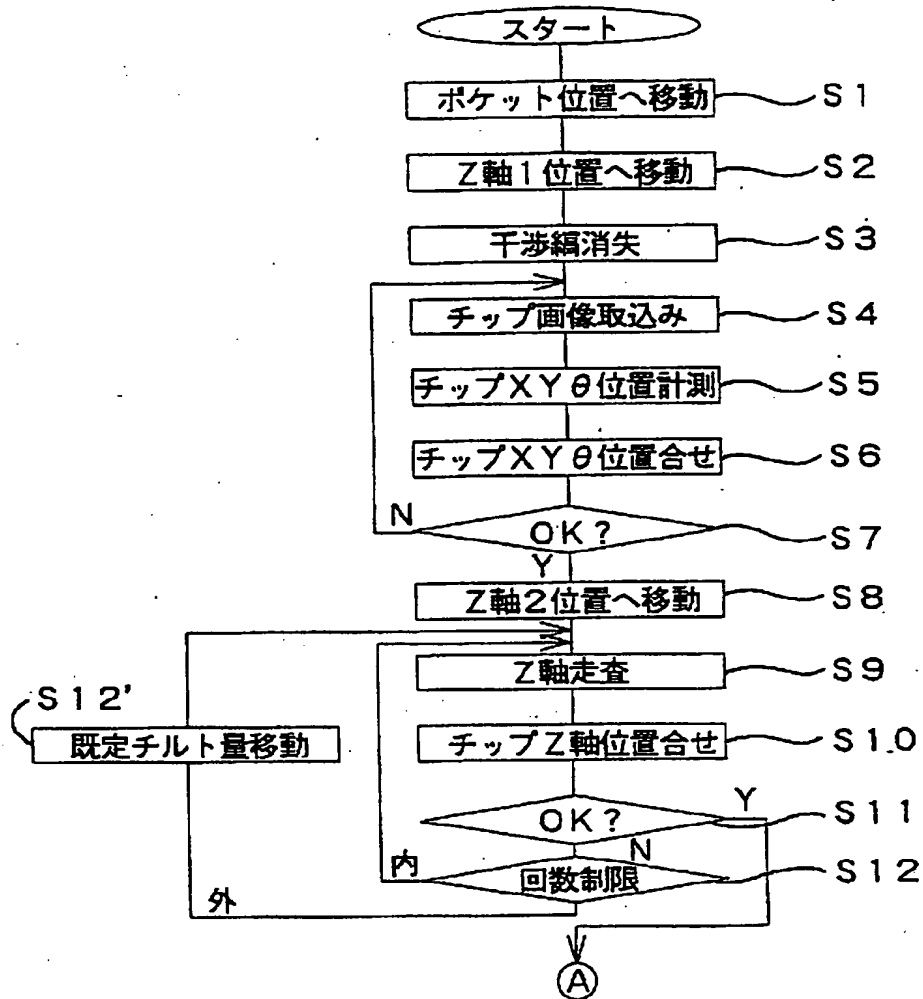
【図4】



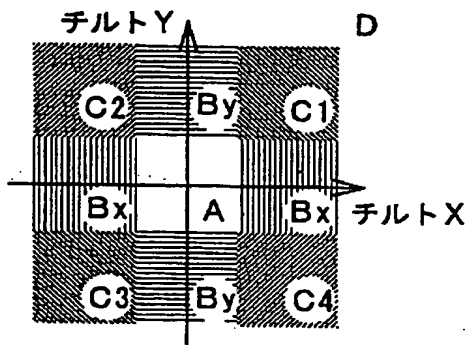
【図5】



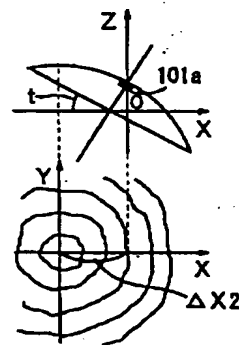
【図6】



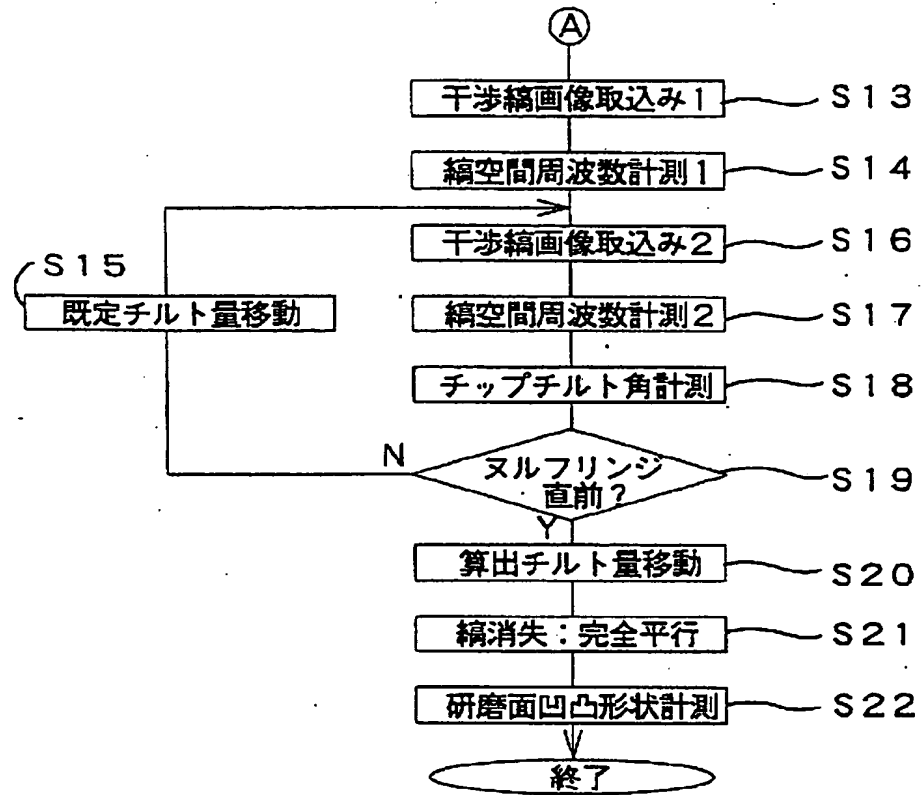
【図8】



【図10】



【図 7】



【図 9】

